

Institut für Tierernährung
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

Direktorin: Prof. Dr. med. vet. A. Liesegang

**Stoffwechsel, Gesundheit und Leistung bei Tiroler Milchkühen nach
Almabtrieb und im peripartalen Zeitraum bis sieben Wochen
post partum**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von

Nina Rebekka Göttler

Tierärztin
aus Starnberg, Deutschland

genehmigt auf Antrag von

Prof. Dr. med. vet. A. Liesegang, Referentin

2016

INHALTSVERZEICHNIS

Schlüsselwörter und Zusammenfassung	1
Keywords and Summary	2
Abkürzungsverzeichnis	3
Einleitung	4
Material und Methoden	6
• Tiere	6
• Ausgewertete Daten	8
• Statistik	9
Ergebnisse	10
• Parameter aller Rassen	10
• Anteil gesteigerter post-mortaler Fettmobilisation	12
• Ergebnisse für BV-, FV- und GV-Kühe mit geringer und stärkerer Lipolyse p.p.	13
Diskussion	17
Fazit für die Praxis	21
Literatur	22
Danksagung	
Lebenslauf/ CV	

Erschienen in WTM, 103, S. 197-208, 2016

N. GÖTTLER¹, M. FÜRL², CH. MADER³, J. GOTTSCHALK⁴, A. EINSPIANIER⁴ und A. LIESE-
GANG^{5*}

*Aus der Tierarztpraxis Stockach¹, Schwendau, der Medizinischen Tierklinik² und dem Veterinär-Physiologisch-
Chemischen Institut⁴ der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig, dem Tiroler Tiergesundheits-
dienst³, Innsbruck, und dem Institut für Tierernährung⁵, Vetsuisse-Fakultät, Universität Zürich*

Korrespondenz:

Prof. Dr. Annette Liesegang, Institut für Tierernährung, Winterthurerstrasse 270, 8057 Zürich; CH

Schlüsselwörter: Fettmobilisation, Stoffwechsel peripartal, Tirol, Milchkühe, Insulinresistenz, IGF-1.

Zusammenfassung

Die Untersuchungen hatten folgende Ziele: a) Analyse des aktuellen Stoffwechsels, der Milch- und Fruchtbarkeitsleistungen sowie der Morbidität, b) Bewertung stärkerer Fettmobilisation, c) Prüfung von Stoffwechselunterschieden bei geringer (L) und stärkerer (H) Lipolyse bei Tiroler Milchkühen nach Almbtrieb und im peripartalen Zeitraum bis sieben Wochen *post partum* (p.p.). Untersucht wurden 252 *ante partum* (a.p.) gesunde BV-, RF-, HF-, FV- sowie GV-Kühe nach Almbtrieb, 1–2 Wochen a.p., 2–5 Tage (p.p.), 4–7 Wochen p.p. sowie vor Almbtrieb. Analysiert wurden die Klinik und Stoffwechselparameter inklusive Insulin, Revised Quantitative Insulin Sensitivity Check Index (RQUICKI) und Insulin-like Growth Factor-1 (IGF-1). Die Fettmobilisation wurde in der 1. Woche p.p. nach dem Anteil der freien Fettsäuren (FFS) >620 und >1.000 $\mu\text{mol/l}$ sowie von β -Hydroxybutyrat (BHB) $>0,62$ sowie $>1,00$ mmol/l bewertet. Für die Gruppe stärkere Lipolyse wurden BV-, FV- und GV-Kühe mit FFS >620 $\mu\text{mol/l}$ sowie BHB $>0,62$ mmol/l ausgewählt. Die Stoffwechselparameter, außer BHB, lagen überwiegend innerhalb strenger Referenzbereiche. Eine signifikante Laktationsdynamik zeigten die FFS ($p=0,003$), Bilirubin ($p=0,003$), BHB ($p=0,001$) und Cholesterol ($p=0,005$). Auf Gesundheitsrisiken wiesen die FFS, BHB, Harnstoff und AP hin. 3,1 % der Kühe hatten 1 Woche p.p. eine gesteigerte Lipolyse. Kühe mit höherer Lipolyse hatten gesicherte Unterschiede ($p=0,001$) bei FFS, BHB, Insulin und IGF-1, RQUICKI sowie bei den Milch- und Fruchtbarkeitsleistungen gegenüber Kühen mit geringer Lipolyse. Die Tiroler Kühe hatten insgesamt einen weitgehend stabilen Stoffwechsel. Kontrollen in der 1. Woche p.p. sind für Risikoanalysen am besten geeignet. Lipolysebelastungen zeigen sich in der 1. Woche p.p. als Risiken für subklinische Ketose und schlechtere Fruchtbarkeit. Zur Prophylaxe ist besonders auf ausreichende Energieversorgung in der Transitphase zu achten.

Keywords: fat mobilization, peripartal metabolism, Tyrol, dairy cows, insulin resistance, IGF-1.

Summary

Introduction

The study was undertaken a) to analyse metabolism, milk yield, fertility and morbidity, b) to assess fat mobilization and c) to evaluate metabolic differences in low (L) and high (H) lipolysis in Tyrolean dairy cows after high-altitude stay and in the peripartal period up to seven weeks *post partum* (p.p).

Materials and methods

A total of 252 healthy *ante partum* (a.p.) Tyrolean Brown Swiss (BV), Red Friesian (RD), Holstein Friesian (HF), Simmental (FV) and Grauvieh (GV) cows were investigated in October after leaving the alpine pasture, 1–2 wk ap, 2–5 days p.p., 4–7 wk p.p. and in May before being driven to the pastures. The clinical state and metabolic parameters including insulin, Revised Quantitative Insulin Sensitivity Check Index (RQUICKI) and levels of insulin-like growth factor-1 (IGF-1), were recorded. The extent of fat mobilization was evaluated in the first weeks p.p., based on the proportion of free fatty acids (FFA) >620 and >1.000 $\mu\text{mol/l}$ as well as of β -hydroxybutyrate (BHB) >0.62 and >1.00 mmol/l. BV, FV and GV cows with FFA >620 $\mu\text{mol/l}$ and BHB > 0.62 mmol/l were assigned to the group of stronger lipolysis.

Results

Apart from BHB, the metabolic parameters were generally within strict reference ranges. FFA, BHB, urea as well as AP can be used as indicators for health risks. One week p.p., 3.1% of the cows showed increased lipolysis. Cows with high lipolysis showed significant differences ($p=0.001$) in FFA, BHB, insulin, IGF-1 concentrations and RQUICKI as well as in milk yield and fertility compared to cows with low lipolysis.

Conclusions

The metabolism of Tyrolean dairy cows is largely stable. It is recommended to perform checks in the first week p.p. Lipolysis loadings were reflected clinically in the first week p.p. as risk of subclinical ketosis and lower fertility. Preventive measures include ensuring an adequate supply of energy in the transit period.

Abkürzungsverzeichnis

AP = Alkalische Phosphatase; a.p. = *ante partum*, AST = Aspartat-Amino-Transferase; BCS = Body Condition Score; BHB=β-Hydroxybutyrat; BI = Besamungsindex; BV = Braunvieh; CK = Creatinkinase; FFS = Freie Fettsäuren; FMS = Fettmobilisationssyndrom; FV = Fleckvieh; GGT = gamma Glutaryl-Transferase; GH = Growth Hormone; GLDH = Glutamat-Dehydrogenase; GV = Grauvieh; HF = Holstein Friesian; IGF-1 = Insulin-like Growth Factor-1; p.p. = *post partum*; *Retentio sec.* = *Retentio secundinarum*; RF = Red Friesian; RQUICKI = Revised Quantitative Insulin Sensitivity Check Index; ZTZ = Zwischentragezeit

Einleitung

Systematische Stoffwechseluntersuchungen in Österreich wurden von BAUMGARTNER (1977) bei Kühen mit einer Milchleistung von 3000 bis 3500 kg/Jahr durchgeführt. Die Bestimmung der Ketonkörper, der Freien Fettsäuren (FFS) und der Hormone Insulin und IGF-1 war zu dieser Zeit noch nicht möglich. Seitdem verdoppelte sich die Milchleistung annähernd. Im Jahr 2015 betrug sie beim Österreichischen Fleckvieh (FV) 7.220 kg Milch und 545 kg Fett+Eiweiß und beim Braunvieh (BV) 7.207 kg Milch und 549 kg Fett+Eiweiß (RINDERZUCHT AUSTRIA, 2015).

Diese Milchleistungsentwicklung macht das Auftreten des Fettmobilisationssyndromes (FMS) wahrscheinlicher, welches eine zentrale Bedeutung für die Gesundheit der Milchkühe hat. Verfettete Kühe mit einem Body Condition Score (BCS) >4,0 haben im peripartalen Zeitraum eine intensivere Lipolyse als Kühe mit einem normalen BCS um 3,0 (SCHRÖDER u. STAUFENBIEL, 2006; PETER et al., 2008; HAMMON et al., 2009). Mit stärkerer Fettmobilisierung *post partum* (p.p.) steigt die Morbidität, besonders von Geburts-, Puerperal- und Fruchtbarkeitsstörungen sowie von Mastitiden, an (MORROW, 1976; AEBERHARD et al., 2001; SCHRÖDER u. STAUFENBIEL, 2006).

Hauptcharakteristikum gesteigerter Lipolyse ist der Konzentrationsanstieg der FFS im Blut. Er kann bereits *ante partum* (a.p.) beginnen und so frühzeitig postpartale Krankheiten ankündigen (AEBERHARD et al., 2001; BUSATO et al., 2002; BOBE et al., 2004; VAN DORLAND et al., 2014). Die FFS-Konzentration korreliert positiv mit dem Leberfettgehalt (PETER et al., 2008; KESSLER et al., 2014). Bei negativer Energiebilanz steigt die Ketogenese. Ein Konzentrationsanstieg von β -Hydroxybutyrat (BHB) kann bereits 2 bis 3 Wochen a.p. beginnen und erreicht in der Regel das Maximum 2 bis 4 Wochen p.p. Auch BHB korreliert in dieser Zeit eng mit dem Leberfettgehalt (KESSLER et al., 2014; LYONS et al., 2014; VAN DORLAND et al., 2014). Eine peripartale Dynamik hat auch das Cholesterol mit sinkenden Konzentrationen gegen den Partus und folgendem Anstieg p.p. parallel zur steigenden Futteraufnahme (PETER et al., 2008; VAN DORLAND et al., 2014). Die Leberindikatoren, wie die gamma Glutaryl-Transferase (GGT) und die Glutamat-Dehydrogenase (GLDH), verändern sich bei subklinischen Belastungen gering oder nicht (AEBERHARD et al., 2001; GOERIGK et al., 2011; KESSLER et al., 2014; SCHULZ et al., 2014).

Insulin ist das wichtigste Hormon für die Lipolysehemmung. Die Abnahme seiner Konzentration und Wirkung gegen den Partus ist vielfach beschrieben (REIST et al., 2003; SCHRÖDER u. STAUFENBIEL, 2006; GRAUGNARD et al., 2013; SCHULZ et al., 2014). HOLTENIUS und HOLTENIUS (2007) bewerteten die Insulinwirksamkeit mit dem „Revised

Quantitative Insulin Sensitivity Check Index“ (RQUICKI) aus den Konzentrationen von Glucose, Insulin und den FFS. GOERIGK et al. (2011) beschrieben bei Färsen und Jungkühen eine Abnahme von $0,40 \pm 0,04$ vier Wochen a.p. auf $0,34 \pm 0,02$ in der ersten Woche p.p.

Der Insulin-like Growth factor-1 (IGF-1) wirkt synergistisch zu Insulin und ist wesentlich an der Fortpflanzungssteuerung beteiligt (HAMMON et al., 2009; KESSLER et al., 2014). Im letzten Trächtigkeitsdrittel steigen die IGF-1-Konzentrationen im Blut kontinuierlich bis auf 80–250 ng/ml an und fallen p.p. auf 80–120 ng/ml ab (HUSZENICZA et al., 2005; CAVESTANY et al., 2009; HAMMON et al., 2009) bzw. bleiben konstant (GOERIGK et al., 2011; BYSTRON, 2012). Im Gegensatz dazu stellte HÄDRICH (2007) bereits 1–2 Wochen a.p. und drei Tage p.p. niedrige IGF-1-Konzentrationen bei gesunden sowie einen starken IGF-1-Abfall bis auf ca. 20 ng/ml bei p.p. kranken Kühen fest.

Die IGF-1-Synthese ist energie- und proteinabhängig und wird bei normaler Futteraufnahme durch das Wachstumshormon (Groth Hormone [GH]) stimuliert (LUCY, 2000; OBESE et al., 2008). Bei Unterernährung sinkt die IGF-1-Konzentration nach drei bis sieben Tagen ab (OBESE et al., 2008). Bei negativer Energiebilanz wird die reduzierte bzw. fehlende STH-Wirkung als „Entkoppelung der somatotropen Achse“ diskutiert (GRALA, et al., 2011).

Jüngere Stoffwechseluntersuchungen an BV-Kühen in Österreich berücksichtigten das FMS nicht (HAGMÜLLER, 2002) oder erfolgten an kleineren Tierzahlen (GRUBER et al. 2014; URDI et al. 2015). Untersuchungen zum peripartalen Stoffwechsel bei Kühen auf Landesebene beim gegenwärtigen Leistungsniveau sowie zur Verbreitung des FMS fehlen.

Ziele vorliegender Untersuchungen waren:

- a) die Erfassung des aktuellen peripartalen Stoffwechsels, der Milch- und Fruchtbarkeitsleistungen sowie der Morbidität bei Milchkühen in Tirol
- b) die Prüfung zum Vorkommen stärkerer Fettmobilisation unter den aktuellen Bedingungen
- c) die Prüfung der Hypothese, ob zwischen Kühen mit peripartal geringer (L) sowie stärkerer (H) Lipolyse Unterschiede bei den IGF-1- und Insulin-Konzentrationen, bei RQUICKI sowie bei weiteren Parametern des Energie- und Proteinstoffwechsels auftreten.

Material und Methoden

Tiere

In 27 Tiroler Betrieben wurden nach dem Almatrieb im Herbst bei 252 a.p. klinisch gesunden, trächtigen Kühe der Rassen BV (Brown-Swiss, n=154); FV mit max. 25 % HF-Anteil (n=20); Red Friesian (RF, n=37), Holstein Friesian (HF, n=14) sowie Grauvieh (GV) in Reinzucht (n=27) in Anbindehaltung peripartal klinische und labordiagnostische Verlaufuntersuchungen durchgeführt sowie Leistungs-, Fruchtbarkeits- und Gesundheitsdaten protokolliert. Die Futterrationen bestanden hauptsächlich aus Gras, Gras- und Maissilage, Heu, Milchleistungsfutter, Getreidemischungen (Gerste, Mais) und Mineralfutter. Teilweise wurden Soja, Biertreber, Rübenschnitzel und Vitaminzusätze eingesetzt (Tab. 1).

In den Betrieben 2, 16 und 18 wurden Totale Mischrationen (TMR), in den übrigen die Einzelkomponenten zweimal täglich gefüttert. Kühe der L-Gruppe kamen aus den Betrieben 4, 6, 16 und 26, der H-Gruppe aus den Betrieben 1, 2, 3, 9, 13 und 19. In vier der sechs H-Gruppen-Betriebe (Tab. 1) wurden auch Sojaschrot, Rübenschnitzel oder Biertreber gefüttert. Die Abkalbungen konzentrierten sich auf Januar bis März.

Tab. 1: Eingesetzte Futterkomponenten in den untersuchten Betrieben und Rasseverteilung (Anzahl n) (grau = Gruppe H – starke Lipolyse, Schraffur = Gruppe L – geringe Lipolyse, weiß = Betriebe mit Kühen der H- und L-Gruppe) / Feed components used on the studied farms and origin of the cows in H and L group (number n) (gray = group H - strong lipolysis, hatching = Group L - low lipolysis, white = farms with cows of H and L group)

Be- triebe	Gras , Heu	Gras- Si- lage	Mais -Si- lage	Milch - Leist. -Fut- ter	Ge- treide -Mi- schun g	Mineral- futter	Soja (S); Biertreber (B); Rübenschnit- zel (R); Vitamine (V)	Herkunft der Kühe zu den H- und L- Gruppen (n)		
								B V	F V	G V
1	+	+	+		+	+	S, R	3		
2	+	+	+	+		+			1	
3	+	+	+			+	B, V		3	
4	+	+	+	+		+			8	
5	+	+		+	+	+				
6	+	+	+	+		+				5
7	+	+	+	+		+	V	1		
8	+	+	+	+		+	V	2		
9	+	+		+					4	
10	+	+		+	+	+		1		
11	+	+	+	+	+	+				4
12	+	+	+	+	+	+		3		
13	+	+	+	+	+	+	S, R	3		
14, 15	+	+		+	+	+				
16	+	+	+	+	+	+		5		
17	+	+		+	+			1		
18	+	+		+	+	+		1		
19	+	+		+	+		S		2	5
20	+	+			+	+				3
21,22, 27	+	+		+	+	+				
23,25	+				+				2	
26	+				+			5		
28	+	+	+	+	+	+		2		

BV = Braunvieh; FV = Fleckvieh; GV = Grauvieh

Ausgewertete Daten

Klinisch protokolliert wurden der BCS (EDMONDSON et al., 1998), der Kalbeverlauf, Geburtskomplikationen, Ovarbefunde, die Zwischentragezeit (ZTZ), der Besamungsindex (BI), Krankheiten p.p. und die 305-Tage-Milchleistung. Blutkontrollen (*V. jugularis externa*) erfolgten im Herbst nach Almatrieb, 1 bis 2 Wochen a.p., 2–5 Tage (d) - und 4 bis 7 Wochen p.p. sowie im Frühjahr vor dem Almauftrieb.

Zur Einschätzung der postpartalen Fettmobilisation wurden gesondert die FFS-Proben >620 sowie $>1.000 \mu\text{mol/l}$ und die BHB-Proben $>0,62$ sowie $>1,0 \text{ mmol/l}$ in der ersten Woche p.p. ausgewertet.

Zur Bewertung geringer (L) sowie stärkerer (H) Lipolyse wurden aus den Laboranalysen retrograd BV- ($n_L=14$, $n_H=14$), FV- ($n=10$, $n_H=10$) und GV- ($n_L=10$, $n_H=7$) Kühe mit den niedrigsten sowie den höchsten FFS-Konzentrationen $>620 \mu\text{mol/l}$ und/oder BHB-Konzentrationen $>1,0 \text{ mmol/l}$ in der 1. Woche p.p. ausgewählt (Abb. 1). Da die Kuhzahl der einzelnen Rassen in den Betrieben und der Anteil Kühe mit erhöhten FFS- und BHB-Konzentrationen variierten, ergaben sich für die Extremgruppen unterschiedliche n-Zahlen.

Im Blutserum wurden die Parameter FFS, BHB, Glucose, Cholesterol, Bilirubin, Protein, Harnstoff, Creatinin, Alkalische Phosphatase (AP), GLDH, GGT, Creatinkinase (CK) und Aspartat-Amino-Transferase (AST) mit dem Analysengerät Hitachi 912 Automatic Analyzer, Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, untersucht. Die Haptoglobin-Analyse erfolgte mit dem Test-Set BR 220 Haptoglobin der Fa. BioRepair GmbH, Sinsheim. Insulin wurde mit einem immunoradiometrischen Assay (IRMA) der Fa. BioSource Europe S.A., Nivelles, Belgien, vertrieben durch die Fa. IBL Hamburg, analysiert; mit dem Gammacounter „WIZARD 1470“, Fa. PerkinElmer, Waltham, USA, erfolgte die Messung des antikörpergebundenen Insulins. Die untere Nachweisgrenze lag bei $7,35 \text{ pmol/l}$, die Intra- bzw. Interassay-Variationskoeffizienten betrugen 2,1 % bzw. 4,7 %. IGF-I wurde mit einem Enzymimmunoassay (EIA) unter Verwendung von biotinyliertem IGF-I 1, Fa. IBT, Reutlingen gemessen. Die untere Nachweisgrenze lag bei 3 ng IGF-1/ml ; die Variationskoeffizienten betrugen in der Serie 16,8 % und von Tag zu Tag 18,1 % ($n=20$). Die Insulin- und IGF-1-Bestimmungsmethode sind einschließlich der für Rinder durchgeführten Evaluierung detailliert bei GOERIGK et al. (2011) beschrieben. Der „Revised Quantitative Insulin Sensitivity Check Index“ (RQUICKI) wurde nach HOLTENIUS und HOLTENIUS (2007) aus den Glucose-, Insulin- und den FFS-Konzentrationen berechnet.

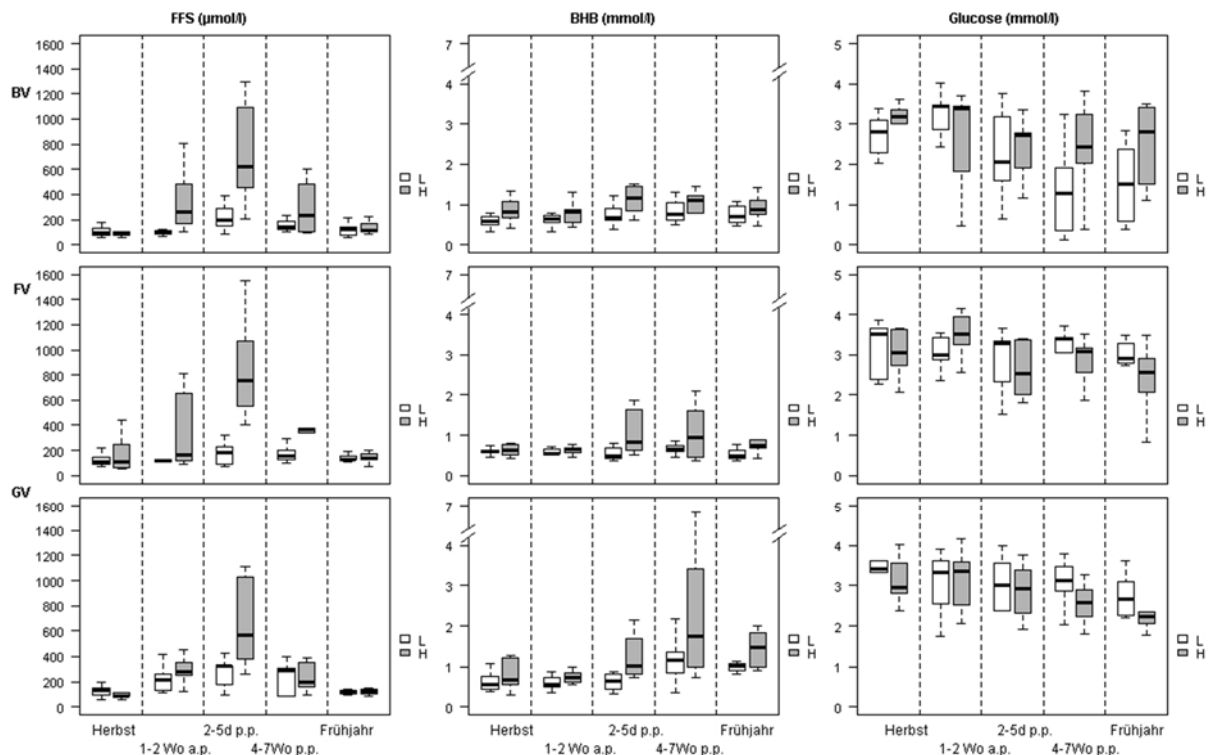


Abb. 1: FFS-, BHB- und Glucose-Konzentrationen im Blutserum bei Braunvieh (BV)-, Fleckvieh (FV)- und Grauvieh (GV)-Kühen in Tirol mit geringer (L) und starker Lipolyse (H) peripartal (a:b:c = $p < 0,05$ innerhalb einer Gruppe; A:B = $p < 0,05$ zeitgleiche Werte der H- und L-Gruppen) / FFA, BHB and Glucose concentrations in the blood serum of Brown Swiss (BV), Simmental (FV) and Grauvieh (GV) cows in Tyrol with low (L) and high (H) lipolysis (a:b:c = $p < 0.05$ within a group. A:B = $p < 0.05$ simultaneous values of the H and L groups)

Statistik

Die Daten wurden mit dem Programm SPSS 15 (SPSS GmbH Software München) statistisch ausgewertet. Die Prüfung auf Normalverteilung erfolgte mit dem Kolmogorov- Smirnov-Test.

Statistische Unterschiede der Parameter zwischen den Gruppen wurden mittels Varianzanalyse geprüft; die Entnahmevergleiche mit der Varianzanalyse mit Messwiederholungen; Mehrfachvergleiche erfolgten mit dem Bonferroni-Test. Die Prüfung nichtnormalverteilter Daten erfolgte mit dem nicht parametrischen U-Test nach Mann-Whitney und für gepaarte Stichproben mit dem Wilcoxon-Rang-Test. Als Signifikanzschwelle wurde $p < 0,05$ postuliert. Für die deskriptive Statistik wurden, je nach Verteilungstyp, die arithmetischen Mittelwerte (\bar{x}) und die Standardabweichungen (s) sowie die Mediane (\tilde{x}) und die 1. und 3. Quartile berechnet. Korrelationen zwischen den Variablen wurden mit dem parameterfreien Korrelationskoeffizienten (SPEARMAN) geprüft.

Ergebnisse

Parameter aller Rassen

Die Mittel- bzw. Medianwerte aller untersuchten Parameter, mit Ausnahme von BHB, lagen innerhalb der Referenzbereiche (Tab. 2). Eine laktationsabhängige Dynamik zeigten hauptsächlich das BHB, die FFS, das Bilirubin und das Cholesterol. Die BHB-Konzentrationen lagen gering darüber und erreichten mit $\bar{x}=1,1$ mmol/l 4–7 Woche p.p. ($p=0,001$) ihr Maximum. Die FFS- und Bilirubin-Konzentrationen stiegen während der Trockenstehphase bis zu ihren Maxima (FFS $\bar{x}=339$ mmol/l, Bilirubin $\bar{x}=4,2$ $\mu\text{mol/l}$) in der ersten Woche p.p. ($p=0,003$) an und sanken bis zum Frühjahr wieder auf das Ausgangsniveau ab. Die Glucose-Konzentrationen lagen jederzeit zwischen 2,2 bis 3,3 mmol/l. Sie sanken dabei von der Trockenstehperiode bis zum Frühjahr kontinuierlich ab ($p=0,0025$). Die Cholesterol-Konzentrationen sanken typisch bis eine Woche p.p. auf $\bar{x}=2,6$ mmol/l ($p=0,005$) und stiegen p.p. wieder auf das Doppelte an. Die Insulin-Konzentrationen (Tab. 2) fielen von $\bar{x}=145$ nmol/l bis eine Woche p.p. signifikant ($p=0,0001$) auf $\bar{x}=0,075$ nmol/l ab und stiegen bis zur Frühjahrskontrolle wieder bis in den Ausgangsbereich an. Die IGF-1-Konzentrationen stiegen bis eine Woche p.p. signifikant ($p=0,0001$) auf $\bar{x}=85$ ng/l an, um anschließend signifikant ($p=0,0001$) bis $\bar{x}=43$ ng/l abzusinken.

Innerhalb der Referenzbereiche bewegten sich die Protein-, Albumin-, Harnstoff- und Creatinin-Konzentrationen sowie die AP-, GGT-, GLDH-, CK- und AST-Aktivitäten ohne stärkere Veränderungen.

Die 3. Quartile der FFS 2–5 Tage p.p. sowie $\bar{x}+s$ von Harnstoff im Frühjahr überschritten die oberen Referenzgrenzen, die 1. Quartile der AP-Aktivitäten (Tab. 2) lagen unter der Referenzgrenze, mit Ausnahme der ersten Kontrolle.

Tab. 2: Stoffwechselfparameter im Blutserum von Tiroler Milchkühen (BV, FV, GV-, RF und HF) im Winterhalbjahr nach Almatrieb und vor Almauftrieb / Metabolic parameters in blood serum of Tyrolean dairy cows (BV, FV, GM, RF and HF) during the winter months after and before the Alpine pasturing

	Herbst	1–2 Wo a.p.	2–Tage p.p.	4–7 Wo p.p.	Frühjahr	Referenzbereich
FFS μmol/l	89 ^a 70–126	149 ^b 109–249	339 ^c 211–533	176 ^b 126–278	121 ^a 96–157	ap: <150 μmol/l 1 Wo p.p.: <620 μmol/l > 1 Wo p.p.: < 350 μmol/l
BHB mmol/l	0,7 ^a ± 0,4	0,7 ^b ± 0,4	0,9 ^c ± 0,7	1,1 ^d ± 0,9	0,7 ^a ± 0,4	< 0,62 mmol/l
Glucose mmol/l	3,05 ^a ± 0,65	3,10 ^a ± 0,85	2,53 ^b ± 0,97	2,37 ^b ± 1,09	2,31 ^b ± 0,93	2,2–3,3 mmol/l
Bilirubin μmol/l	2,7 ^a ± 1,2	2,7 ^a ± 1,8	4,2 ^b ± 2,2	3,6 ^c ± 1,5	3,2 ^c ± 1,1	< 5,3 μmol/l
Choles- terol mmol/l	4,0 ^a ± 4,9	2,6 ^b ± 0,8	2,6 ^b ± 1	5,3 ^c ± 1,2	4,7 ^a ± 1,7	a.p.–1 Wo p.p.: >2 mmol/l vier Wo p.p.: >3 mmol/l acht Wo p.p.: >4 mmol/l
Insulin ng/ml	0,145 ^a 0,100– 0,175	0,138 ^a 0,087– 0,179	0,075 ^b 0,060– 0,095	0,119 ^b 0,065– 0,147	0,122 ^a 0,089– 0,173	>0,10 nmol/ml
IGF-1 ng/ml	58 ^a 35–80	60 40–82	85 ^b 45–125	55 35–85	43 ^a 26–60	>50 ng/ml
Protein g/l	71,5 ^a ± 6,5	71,0 ^b ± 7,3	71,4 ^c ± 6,5	76,8 ^c ± 6,8	72,3 ^d ± 7,4	60–80 g/l
Albumin g/l	35,8 ^a ± 3,4	36,4 ^b ± 2,6	35,8 ^c ± 2,9	37,5 ^d ± 2,5	36,6 ^b ± 3,4	30–39 g/l
Harnstoff mmol/l	4,3 ^a ± 1,5	4,3 ^a ± 1,4	4,0 ^b ± 1,3	3,7 ^c ± 1,2	4,1 ^b ± 1,4	2,5–5,0 g/l
Creatinin μmol/l	99,6 ^a ± 18,4	114,4 ^b ± 20,9	105,1 ^c ± 20,0	86,4 ^d ± 14,7	91,7 ^c ± 15,3	55–150 μmol/l
AP U/l	70 ^a 46–113	52 ^b 36–76	50 ^c 37–71	46 ^c 34–68	68 42–112	45–120 U/l
GGT U/l	22,1 ^a 18,2–26,5	20,5 ^b 17,5 - 23,6	21,9 18,2 - 27	25,4 ^a 21,8 - 30,3	22,9 ^a 18,7–28,1	< 50 U/l
GLDH U/l	10,3 7,9–14,3	7,9 ^a 5,9–11,4	10,0 ^b 6,7–16,7	13,5 ^b 9,9–21	11,9 9–16,5	< 30 U/l
CK U/l	137 ^a 107–181	86 ^a 67–112	121 ^b 90–179	126,7 ^a 102–154	135 ^a 102–171	< 200 U/l
AST U/l	70,9 ^a 60,5–80,9	63,4 ^a 55,5–74,4	85,1 ^b 76,3–98,9	76,7 ^c 67,3–89,4	68,9 ^c 58,9–82,5	< 80 U/l

BV = Braunvieh; FV = Fleckvieh; GV = Grauvieh; RF = Red Holstein; HF = Holstein Friesian

Milch- und Fruchtbarkeitsleistungen sowie Morbidität aller untersuchten Rassen

Die FV-Kühe hatten im Untersuchungsjahr mit $\bar{x}=8.037$ kg die höchste Milchleistung, gefolgt von den RF- ($\bar{x}=7.220$ kg), BV- ($\bar{x}=6.937$), HF- ($\bar{x}=6.374$ kg) und GV-Kühen mit $\bar{x}=4.886$ kg. Die ZTZ und der BI wurden mit höherer Milchleistung entsprechend länger bzw. größer (Tab. 2). Der Anteil Kühe, der in der Früh lactation gesund blieb, betrug 44,8 %; die häufigsten Erkrankungen waren Ovarzysten, *Retentio sec.* sowie Gebärpause (Tab. 4).

Anteil gesteigerter postpartale Fettmobilisation

Tabelle 3 listet die Parameter der postpartalen Fettmobilisation aller untersuchten Rassen auf und beinhaltet den Anteil Proben mit FFS- sowie BHB-Konzentrationen über jeweils zwei abgestuften Grenzwerten in der ersten Woche p.p.. 17,2 % der BV-Kühe hatten eine gering gesteigerte ($>620 \mu\text{mol/l}$) und 3,1 % eine stärker gesteigerte ($>1.000 \mu\text{mol/l}$) Lipolyse. Die Ketonkörper (BHB) überschritten zu 70, 2 % bzw. 14,6 % die Grenzwerte (Tab. 3). Aufgrund der geringen Tierzahlen haben die Anteile für RF-, HF-, FV- und GV-Kühe mehr orientierenden Charakter.

Tab. 3: Anteil Proben (%) mit FFS- sowie BHB-Konzentrationen über jeweils zwei abgestuften Grenzwerten in der ersten Woche p.p. bei Tiroler Milchkühen (BV, FV, GV-, RF und HF) sowie bei deutschen HF-Kühen (HÄDRICH, 2007) / Percentage of samples with FFA and BHB concentrations above two stepped limit values in the first week pp (BV, FV, GM, RF and HF) in Tyrolean dairy cows and in German HF cows (HÄDRICH, 2007)

%	n	FFS $>620 \mu\text{mol/l}$	FFS $>1.000 \mu\text{mol/l}$	BHB $>0,62$	BHB $>1,00$
BV	154	17,2	3,1	70,3	14,8
RF	37	11,1	2,8	38,9	2,8
HF	14	36,4	18,2	54,5	18,2
FV	20	8,3	8,3	83,3	16,7
GV	27	20	15,0	65,0	10,0
Σ	252	16,9	5,3	64,3	12,6
HÄDRICH (2007)	969	63,7	24,4	76,9	28,4

BV = Braunvieh; FV = Fleckvieh; GV = Grauvieh; RF = Red Holstein; HF = Holstein Friesian

Ergebnisse für BV-, FV- und GV-Kühe mit geringer und stärkerer Lipolyse p.p.

Stoffwechsel bei BV-, FV- und GV-Kühen mit geringer und stärkerer Lipolyse p.p.

In den L-Gruppen blieben die FFS-Konzentrationen (Abb. 1) peripartal alle innerhalb des Referenzbereiches, in den H-Gruppen waren sie bei allen drei Rassen 2–5 Tage p.p. signifikant ($p=0,003$) erhöht. Bei den H-BV-Kühen lag der Median mit $752 \mu\text{mol/l}$ über dem oberen Grenzwert. Die BHB-Konzentrationen (Abb. 1) schwankten in den L-Gruppen nur gering; die Mediane stiegen bei allen drei Rassen nicht über $0,80 \text{ mmol/l}$ an. In den H-Gruppen erreichten sie mit $1,17 \text{ mmol/l}$ 2–5 Tage p.p. beim BV, mit $0,93 \text{ mmol/l}$ beim FV vier Wochen p.p. sowie mit $1,17 \text{ mmol/l}$ vier Wochen p.p. beim GV die Maxima. 2–5 Tage p.p. differierten die zeitgleichen die BHB-Werte signifikant ($p=0,0001$). Innerhalb der einzelnen L- und H-Gruppen gab es peripartal keine signifikanten Differenzen ($p=0,28$). Die Mediane der Glucose-Konzentrationen (Abb. 2) lagen bei den Kühen der drei Rassen a.p., bei den FV-Kühen auch p.p., zwischen $2,8$ und $3,0 \text{ mmol/l}$ ohne signifikante Unterschiede ($p=0,62$). In der L-Gruppe der BV- sowie in der H-Gruppe der GV-Kühe sanken sie gegenüber den Vergleichsgruppen signifikant ab ($p=0,0001$).

Die Insulin-Konzentrationen (Abb. 2) fielen gegen den Partus mit Minima 2–5 Tage p.p. bei allen Rassen ab. Eine signifikante Gruppendifferenz hatten nur die BV-Kühe 2–5 Tage p.p. ($p=0,018$). Die Insulin-Konzentrationen differierten bei den GV-Kühen mit $\bar{x}_H=0,078$ sowie $\bar{x}_L=0,128$ erheblich. Insulin korrelierte in den H-Gruppen eng negativ mit den FFS ($r_{BV}=-0,50$; $r_{FV}=-0,35$; $r_{GV}=-0,42$; $p=0,005$) und Bilirubin ($r_{BV}=-0,31$; $r_{FV}=-0,32$; $r_{GV}=-0,36$; $p=0,01$) bei allen Rassen. Systematische Korrelationen zu Glucose, Cholesterol, GGT, GLDH, Protein, Harnstoff, Haptoglobin, AST sowie zu BCS, ZTZ und Milchleistung ließen sich nicht berechnen ($p=0,3$). Bei den BV- und GV- (H)-Kühen korrelierte Insulin negativ ($r=-0,92$) mit IGF-1. Die RQUICKI-Werte (Abb. 2) lagen alle über der unteren Referenzgrenze von $0,36$ und mehrheitlich auch über der oberen Referenzgrenze von $0,44$. Systematische Gruppenunterschiede ließen sich für die BV-Kühe mit höheren Werten in der L- gegenüber der H-Gruppe berechnen ($p=0,0032$) (Abb. 2). Die Korrelationen von RQUICKI zu den untersuchten Parametern verhielten sich analog Insulin ($p=0,31$), allerdings mit stärkeren Effekten zu Glucose ($p=0,21$). Die IGF-1-Konzentrationen stiegen von der ersten Kontrolle im Herbst bis eine Woche p.p., bei den FV-L-Kühen bis 4–7 Wochen p.p., kontinuierlich an. Sie waren 2–7 Tage p.p. in den H-Gruppen um ca. 30 % (BV-, FV-Kühe) bis zu 100 % (FV-Kühe) höher als in den L-Gruppen (Abb. 2). Dem folgte in allen Gruppen ein kontinuierlicher Abfall bis zum Frühjahr. IGF-1 korrelierte in den H-Gruppen signifikant positiv ($p=0,0001$, $r=0,91$) mit den FFS, Bilirubin und BHB bei allen Rassen. Keine systematischen Korrelationen bestanden zwischen IGF-1 sowie Glucose,

Bilirubin, Cholesterol, AST, GGT, GLDH, Protein, Harnstoff, Haptoglobin, BCS, ZTZ und der Milchleistung. Im Gegensatz zu Insulin wurden positive Beziehungen zwischen IGF-1 und Lipolyse deutlich ($r=0,88$).

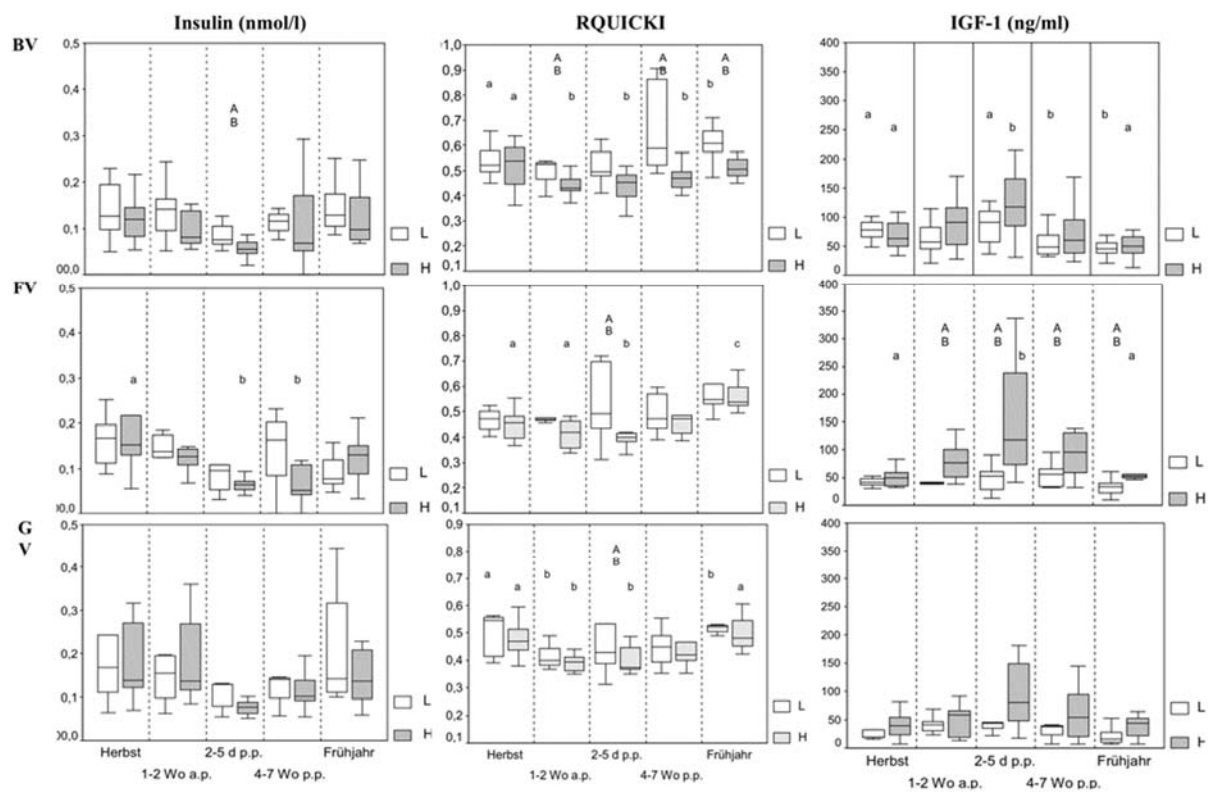


Abb. 2.: Insulin, RQUICKI und IGF-1 im Blutserum bei Blutserum bei Braunvieh (BV)-, Fleckvieh (FV)- und Grauvieh (GV)-Kühen in Tirol mit geringer (L) und starker Lipolyse L) peripartal (a:b:c = $p < 0,05$ innerhalb einer Gruppe; A : B = $p < 0,05$ zeitgleiche Werte der H- und L-Gruppen) / Insulin, IGF-1 and RQUICKI) in the blood serum of Brown Swiss (BV), Simmental (FV) and Grauvieh (GV) cows in Tyrol with low (L) and high (H) lipolysis (a:b:c = $p < 0.05$ within a group. A:B = $p < 0.05$ simultaneous values of the H and L groups)

Die Cholesterol- Bilirubin-, Protein- und Harnstoff-Konzentrationen sowie die GGT- und die GLDH-Aktivitäten zeigten dasselbe Verhalten wie in der Gesamtauswertung. Sie bewegten sich in den physiologischen Bereichen und zeigten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,447$) zwischen den H- und L-Gruppen. Nur die L-BV-Kühe hatten bei Alauftrieb erhöhte Harnstoff-Konzentration von $\bar{x}=6,02$ mmol/l. Auf eine Zahlendarstellung der genannten Parameter wird verzichtet.

Milch- und Fruchtbarkeitsleistungen sowie Morbidität in den H- und L-Gruppen (Tab. 4, 5)

Der BCS bewegte sich bei den drei Rassen peripartal zwischen 3,0 bis 4,0 (Mediane). Nur bei den FV-Kühen bestand 4–7 Wochen p.p. ein signifikanter Unterschied zwischen der H- (BCS \bar{x} =2,5) und L- (BCS \bar{x} =3,0) Gruppe ($p=0,01$). Mit \bar{x} =8.130 kg Milch (Tab. 4) hatten die BV-Kühe der H-Gruppe die höhere 305-Tage-Leistung gegenüber der L-Gruppe mit \bar{x} =6.307 kg Milch ($p=0,002$); die FV-Kühe hatten mit \bar{x} =7.994 kg bzw. \bar{x} =7081 kg ähnliche 305 Tage-Leistungen wie die BV-Kühe ($p=0,027$). Die GV-Kühe hatten mit \bar{x} =5.293 kg bzw. 5.024 kg ($p=0,593$) eine um annähernd 3.000 kg/Jahr geringere Milchleistung als die BV- und FV-Kühe. Die ZTZ (Tab. 4) war bei den BV- ($\bar{x}_H=138/\bar{x}_L=83$ Tage) und FV-Kühen ($\bar{x}_H=138/\bar{x}_L=59$ Tage, $p=0,001$)) annähernd gleich; die GV-Kühe hatten mit $\bar{x}_H=76,5$ d/ $\bar{x}_L=65,0$ Tage) kürzere ZTZ. Die BV- sowie GV-Kühe konzipierten überwiegend bei der ersten Besamung (Besamungsindex [BI] jeweils $\bar{x}=1,0$), die FV-Kühe erst bei der zweiten ($\bar{x}_H=2,0$ bzw. $\bar{x}=2,5$). Die Morbidität war mit 67,6 % bei den L-Kühen insgesamt höher als bei den H-Kühen mit 51,4 %. Bei den L-FV-Kühen traten mehr Schweregeburten, Stillbrünstigkeit, Ovarzysten und Gebärgiparen auf ($p=0,006$).

Tab. 4: Milch- und Fruchtbarkeitsleistungen im Untersuchungsjahr aller BV-, FV- und GV-Kühe sowie bei Kühen der Gruppe L und der Gruppe H (2./1./3. Quartil; *BI = Mittelwert [\bar{x}] und Standardabweichung des Mittelwertes [$s\bar{x}$]) / Milk yield and fertility performance of all BV, FV and GV cows and in cows of group L and the group H (2./1./3 quartile; * BI = the mean and standard deviation of the mean)

	BV			FV			GV		
	ZTZ d	Milch-kg/a	BI*	ZTZ d	Milch-kg/a	BI*	ZTZ d	Milch-kg/a	BI*
alle BV, FV + GV	91 61-153	6937 6255-8070	\bar{x} 2,0 $s\bar{x}$ 1,5	118 61-200	8037 6300-9136	\bar{x} 2,0 $s\bar{x}$ 1,7	66 52-85	4886 4274-5735	\bar{x} 1,2 $s\bar{x}$ 0,6
L BV, FV, GV	83 61-117	6307^A 5028-7169	1,0 1,0-2,0	59^A 53-84	7081 6602-8968	2,0^A 1,0-2,0	65 46-155	5024 4429-5467	1,0 1,0-1,0
H BV, FV, GV	138 106-193	8130^B 6363-9141	1,0 1,0-3,0	138^B 106-193	7994 6440-9592	2,5^B 1,0-3,0	76 56-91	5292 4249-7858	1,0 1,0-2,0

BV = Braunvieh; FV = Fleckvieh; GV = Grauvieh; ZTZT = Zwischentragezeit, BI = Besamungsindex

Tab. 5: Morbidität bei Tiroler Kühen (BV, FV, GV-, RF und HF) im Vergleich zu Thüringer HF-Kühen (HÄDRICH, 2007) / Morbidity in Tyrolean cows (BV, FV, GM, RF and HF) in comparison to Thuringian HF cows (HÄDRICH, 2007)

	ge- sun- d	kra- nk	Dys- to- cia	FG	Ge- b.- verl.	Ret. sec.	End- o- met- ritis	Stil- lbru- nst	Ov- ar- zyst- en	Clp	Ma- sti- tis	La- mi- ni- tis	GP	L M V
BV	43,5	56,5	4,6	3,1	2,7	10,9	6,4	20,0	8,3	2,5	10,0		7,7	0
RF	47,4	52,6	2,6	9,6	1,9	4,8	7,2	11,5	9,6	0	2,4		9,1	0
HF	42,0	58	3	14,5	8,5	7,2	21,7	14,5	7,2	0	0		0	0
FV	41,9	58,1	0	6,8	0,0	6,8	0	18,9	27	6,8	0		6,8	0
GV	51,5	48,5	17,9	3,7	4,6	3,7	0	3,7	14,9	3,7	7,5		10,4	0
Ti- rol	44,8	55,2	7,6	7,5	3,1	9,7	7,2	13,7	11,8	2,6	8,0		8,8	0
Häd- rich (20 07)	27,4	72,6	2,6		3,1	14,0	5,5		4,9		17,2	8,2	2,8	3,0

BV = Braunvieh; FV = Fleckvieh; GV = Grauvieh; RF = Red Holstein; HF = Holstein Friesian; FG = Frühgeburt; Geb.verl. = Geburtsverletzungen; *Ret. sec.* = *Retentio secundinarum*; Clp = *Corpus luteum persistens*; GP = Gebärparese; LMV = Labmagenverlagerung

Diskussion

Die ermittelten Stoffwechselbefunde (Tab. 2) entsprachen in allen Laktationsabschnitten einem weitgehend stabilen Stoffwechsel. Die Werte lagen innerhalb der engen Referenzwerte, die FÜRLL (2013, 2016) angibt, wie etwa der Obergrenze für BHB bei 0,62 mmol/l. Andere Autoren, z.B. OETZEL (2004), DUFFIELD et al. (2009) und IWERSEN et al. (2009), sahen erst einen BHB-Grenzwert von 1,40 mmol/l als Hinweis für ein gesteigertes Erkrankungsrisiko. Stoffwechselbelastungen durch die Kalbung wurden bei den Kontrollen 2–5 Tage p.p. anhand der gesteigerten FFS- und BHB-Konzentrationen am besten sichtbar. Aber auch in diesem Zeitraum waren der FFS-Median mit 339 $\mu\text{mol/l}$ sowie das dritte FFS-Quartil mit 533 $\mu\text{mol/l}$ noch deutlich unter dem FFS-Grenzwert von 620 $\mu\text{mol/l}$. Vor der Kalbung lagen nur das dritte Quartil der FFS-Konzentrationen, das erste Quartil der AP-Aktivitäten sowie die Mittelwerte der BHB-Konzentrationen über bzw. unter den Referenzwertgrenzen. AP-Aktivitäten unter 45 U/l wiesen auf ein höheres Gebärpareserisiko hin (FÜRLL, 2013). Damit können frühdiagnostisch Kühe für postpartale Risiken für FFS-, BHB- und AP-assoziierte Störungen erkannt werden. Diese Stoffwechseldaten gehen insgesamt mit dem guten Gesundheitsstatus inkl. längeren Nutzungsdauer der untersuchten österreichischen gegenüber den deutschen Milch-Rindrassen konform (KNAUS, 2009; RINDERZUCHT AUSTRIA, 2015).

Bei der Auswertung aller ermittelten Labordaten zu den gewählten Kontrollzeiten haben postpartale Krankheiten offensichtlich keinen stärkeren Einfluss. ANDRATSCH (2009) konnte bei denselben Kühen weder zwischen gesunden und kranken, noch bei unterschiedlichen Geburtsverläufen, Fruchtbarkeits- sowie Trächtigkeitsstatus Stoffwechselunterschiede für die in Tab. 2 aufgeführten Parameter ermitteln. Eine Ursache lag darin, dass die Zeiten der Krankheiten und der Laborkontrollen auseinander lagen. Die gesonderte Stoffwechselauswertung auf mögliche Unterschiede zwischen den Rassen BV, FV und GV ergab keine gesicherten Rassenunterschiede. Dieselben Beobachtungen machte auch HAGMÜLLER (2002).

Ein Vergleich der vorliegenden Daten mit den von BAUMGARTNER 1977 und auch 2009 angegebenen ist nicht möglich, da die FFS und BHB nicht berücksichtigt und die Enzymaktivitäten bei 25 °C, und nicht bei 37 °C wie in dieser Studie, bestimmt wurden. Außerdem schloss BAUMGARTNER (1977, 2009) bewusst die erste Woche p.p. für Kontrollen aus, die nach neueren Untersuchungen aber den besten Informationsgehalt besitzt (FÜRLL, 2016). Mit den von LUTZ et al. (2006) für die Schweiz genannten Referenzwerten besteht einerseits Übereinstimmung, andererseits wird auch in dieser Quelle nicht nach Laktationsstadien (FFS, BHB, Cholesterol, CK) sowie dem Alter (Pi, AP) differenziert. Da bei Harnstoff-Konzentrationen

>5,00 mmol/l die Konzeptionsergebnisse sprunghaft schlechter werden (BERNHARDT u. SCHULZ, 1992), sollte für Harnstoff als oberer Grenzwert nicht 6,5 mmol/l (LUTZ et al., 2006), sondern 5,0 genutzt werden (FÜRL, 2013).

Die FFS-Konzentrationen in der ersten Woche p.p. ergaben bei 16,9 % eine moderate Lipolysesteigerung >620 µmol/l und mit Konzentrationen >1.000 µmol/l bei 5,3 % der Tiroler Kühe eine stärkere Lipolyse (Tab. 3). Deutsche HF-Kühe hatten im selben Kontrollzeitraum mit 63,7 % bzw. 24,4 % (HÄDRICH, 2007) vergleichsweise ca. viermal häufigere FFS-Abweichungen und damit lipolytische Belastungen. Auch im Vergleich gesteigerter BHB-Konzentrationen >0,62 sowie >1,00 mmol/l schnitten die Tiroler gegenüber den deutschen HF-Kühen mit 64,3 % zu 76,9 % bzw. 12,6 % zu 28,4 % günstiger ab. Die Daten zeigen die Erfolge einer langjährigen Zucht auf Gesundheit und Langlebigkeit der Kühe in Österreich (KNAUS, 2009; JURTSCHITSCH, 2010; BRADE u. BRADE, 2013), auch bei den HF-Kühen. Die in der „Arbeitsgemeinschaft Lebenslinien“ integrierten Zuchtverbände sind auch deutschlandweit erfolgreich aktiv (ALL RIND, 2016).

Die Frage nach den Folgen gesteigerter postpartaler Lipolyse wird durch Gegenüberstellung von Extremgruppen mit geringer sowie gesteigerter Lipolyse beantwortet (Abb. 1, 2). Neben den FFS und BHB ergaben sich bei den lipolyseregulierenden Hormonen Insulin und IGF-1, bei RQUICKI, bei den Milch- und Fruchtbarkeitsleistungen gesicherte Unterschiede ($p=0,0001$), jedoch keine bei den Leber- und Proteinstoffwechselfparametern sowie der Stressreaktion, dargestellt durch das physiologische Haptoglobin-Verhalten.

Die FFS-Konzentrationen in den H-Gruppen eine Woche p.p. zwischen 600 bis 700 µmol/l waren nur moderat gesteigert, entsprachen aber vergleichbaren Befunden von AEGERHARD et al. (2001), BUSATO et al. (2002), CAVESTANY et al. (2009), VAN DORLAND et al. (2014) sowie URDL et al. (2015) bei kraftfutterreich gefütterten, überkonditionierten BV-, FV- bzw. HF-Kühen. Deutlich schlechtere Befunde im Bereich von 1,0 bis 1,3 mmol FFS/l beschrieben HAMMON et al. (2009) sowie SCHULZ et al. (2014) ein bis drei Wochen p.p. bei überkonditionierten HF-Kühen in Deutschland. Die von AEGERHARD et al. (2001), BUSATO et al. (2002), CAVESTANY et al. (2009), VAN DORLAND et al. (2014) sowie URDL et al. (2015) beschriebenen BHB-Konzentrationen zwischen 1,2 bis 1,5 mmol/l bis 8–12 Wochen p.p. sind mit denen in dieser Studie ebenfalls vergleichbar. Das zeigt eine länger anhaltende negative Energiebilanz entsprechend der höheren Milchleistung an (GRUBER et al., 2014) und damit ungünstige Fruchtbarkeits- sowie Gesundheitskonditionen (AEGERHARD et al. 2001; BOBE et al., 2004) auch für die selektierten H-Gruppen dieser Studie. Die Kühe ohne gesteigerter Lipolyse p.p. in den L-Gruppen hatten physiologische BHB-Konzentrationen und damit einen stabilen Energiestoffwechsel, vergleichbar mit Befunden von REICHERT et al. (2015)

bei Kühen in Vollweidehaltung. Die Cholesterol-Konzentrationen stiegen bei den untersuchten BV- und FV-Kühen der L- und H-Gruppen p.p. bis gegen 6 mmol/l an. Diese Konzentrationszunahme ist ein Zeichen für eine gute Futter- und damit Nährstoffaufnahme bei den milchbetonten Rassen BV und FV (PETER et al., 2008; VAN SAUN, 2010; FÜRLI, 2013). Sie wird bei den deutschen HF-Kühen in dieser Höhe nicht erreicht (HÄDRICH, 2007; BOTHMANN, 2015). Die Bilirubin-Konzentrationen sowie die Leberenzyme GGT und GLDH waren physiologisch und zeigten, dass die untersuchten BV-, FV- und GV-Kühe auch bei stärkerer Lipolyse p.p. und einer Milchleistung bis zu 8.000 kg/Jahr einen stabilen Leberstoffwechsel hatten. Gleichartige Befunde beschrieben BUSATO et al. (2002), CAVESTANY et al. (2009) und URDL et al. (2015) unter vergleichbaren Bedingungen.

Ungenügende Insulinwirksamkeit um den Partus ist ein Hauptmerkmal des FMS (HAMMON et al., 2009). Ein rechnerisches Maß für Insulinresistenz ist der RQUICKI (HOLTENIUS u. HOLTENIUS, 2007). Die in dieser Studie untersuchten BV-, FV- und GV-Kühe zeigten in den H-Gruppen das typische Insulinverhalten mit einem stärkeren Abfall bis eine Woche p.p., mit folgendem Wiederanstieg bis nahezu zu den Ausgangswerten (Abb. 2), wie es auch für diese Rassen sowie für HF-Kühe beschrieben ist (AEGERHARD et al., 2001; BUSATO et al., 2002; CAVESTANY et al., 2009; VAN DORLAND et al., 2014). Die Abnahme der Insulinkonzentration wird u.a. durch reduzierte Futter- bzw. Energieaufnahme um den Partus gefördert. Insulin korrelierte, entsprechend seiner antilipolytischen Wirkung, bei allen Rassen eng negativ mit den FFS und dem Bilirubin.

Die niedrigeren peripartalen Insulinkonzentrationen bedingen verminderte antilipolytische Wirkung. Der gleichzeitige Abfall der RQUICKI-Werte (Abb. 2) mit Minima 2-5 d p.p. weist auf eine zusätzliche relative Insulinresistenz hin. Sie war in den H-Gruppen geburtsnah stärker. Die Literaturangaben zu RQUICKI variieren bei KERESTES et al. (2009) (0,51- 0,56); GOERIGK et al. (2011) (0,32 – 0,44), SCHULZ et al. (2014) (0,38-0,42) sowie van DORLAND et al. (2014) (0,23-0,24) erheblich. In dieser Studie hatten die BV-Kühe mit 0,44 – 0,62 vergleichsweise die höchsten Werte, die FV-Kühe 0,42-0,54 und die GV-Kühe mit 0,37-0,55 die niedrigsten. Die BV-Kühe zeigten somit einen stabileren Energiestoffwechsel ohne Hinweise auf eine ‚Entkoppelung der somatotropen Achse‘ (GRALA et al., 2011). Für ungenügende Insulinwirksamkeit sind ätiologisch auch bei hochleistenden Holsteins beschriebene genetische Veränderungen zu berücksichtigen (ZERBIN et al., 2015).

Das Verhalten der IGF-1-Konzentrationen (Abb. 2) entsprach den Literaturberichten mit längerem Anstieg vor dem Partus und folgendem variablen Konzentrationsabfall p.p. Bei den FV-Kühen hatte die lipolytisch stärker belastete H-Gruppe höhere IGF-1-Konzentrationen als die L-Gruppe, die der BV- und GV-Kühe ebenfalls. Ähnliches IGF-1-Verhalten beschrieben

a.p. weitere Autoren (CAVESTANY et al., 2009; HAMMON et al., 2009; VAN DORLAND et al., 2014). Stärkerer IGF-1-Abfall gilt als Folge negativer Energiebilanz (LUCY, 2000; BYSTRON, 2012). Ein IGF-1-Abfall bereits a.p., wie von (HÄDRICH, 2007) beschrieben, weist auf stärkere Energieunterversorgung hin und hat negative Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit.

Diese Untersuchungen zeigten, dass mit der höheren Lipolyseintensität p.p. BV- und FV-Kühe eine um ca. 1.000 kg /Jahr höhere Milchleistung hatten. Vergleichbare Literaturberichte dazu sind nicht einheitlich (VAN DORLAND et al., 2014; GRUBER et al., 2015).

Die Selektion nach Lipolyseextremgruppen (Abb. 1) ergab zwar Differenzen in der Milchleistung und z.T. in der Fruchtbarkeit, jedoch nicht die für das FMS bekannte typische Zunahme der Morbidität bzw. die Häufung an *Retentio sec.*, Endometritis und Indigestionen (MORROW, 1976; HÄDRICH, 2007). In vorliegender Studie hatten die GV-Kühe mit der niedrigeren Milchleistung und höheren Morbidität peripartal niedrige IGF-1-Konzentrationen, so wie in der Studie von HÄDRICH (2007), was auf eine ungenügende Energieversorgung ap hinweist (GRUBER et al., 2014).

Verglichen mit den Befunden von SCHULZ et al. (2014) war die Fettmobilisierung bei den Kühen dieser Studie nicht so stark, so dass zwar die sensible Fruchtbarkeit eingeschränkt, die Morbidität aber noch nicht belastet wurde. Dem FMS mit BCS-Abnahme p.p. (BUSATO et al., 2002; SCHULZ et al., 2014) entsprach z.T. bei den FV-Kühen die schlechtere Fruchtbarkeit mit längerer ZTZ und größerem BI. Auch könnte die Rückenfettdicke, wenn die Möglichkeit besteht zu Hilfe genommen werden, um die Körperfettreserven abzuschätzen und somit auch die optimale Körperkondition zum Trockenstellen zu erreichen (POTHMANN et al., 2014). Zur Prophylaxe ist deshalb eine bessere Energieversorgung in der Transitphase nötig.

2015 hatten in Österreich laut Milchkontrollen BV-Kühe 7.207 kg, FV-Kühe 7.220 und GV-Kühe 4.357 kg Jahresmilchleistungen (RINDERZUCHT AUSTRIA, 2015). GV-Kühe sind eine autochtone Rasse, die gegenüber den BV- und FV-Kühen bei niedriger Milchleistung aber größere Stoffwechselprobleme zeigten: die 17 analysierten GV-Kühe hatten den größten BCS, die höchsten BHB- und Haptoglobin-Konzentrationen, die niedrigsten RQUICKI-, Cholesterol- und IGF-1-Werte. Die FV-Kühe mobilisierten p.p. laut BCS-Entwicklung sowie FFS- und Bilirubin-Konzentrationen am stärksten; die ZTZ war am längsten und der BI waren am größten. Diese Stoffwechselveränderungen entsprachen den Merkmalen des FMS.

Fazit für die Praxis:

Prophylaktisch ist in der Trockenstehperiode besonders auf eine Konditionierung mit BCS 3,0 bis 4,0 sowie in der Transitphase auf ausreichende Energieversorgung zu achten. Wichtig in diesem Zusammenhang ist es, dass die Herde regelmässig kontrolliert wird. So kann möglicherweise rechtzeitig mit einer bedarfsdeckenden Fütterung eingegriffen und die Fütterung entsprechend angepasst werden.

Literatur

- AEBERHARD, K., BRUCKMAIER, R.M., BLUM, J.W. (2001): Metabolic, enzymatic and endocrine status in high-yielding dairy cows - Part 2. *J Vet Med Clin Pathol Physiol. A Med* **48**, 111–127.
- ALL Rind (2016): Arbeitsgemeinschaft LebensLinien, <http://www.all-rind.de/> letzter Zugriff: 20.5.2016.
- ANDRATSCH, M.M. (2009): Untersuchungen zum Energie- und Proteinstoffwechsel sowie zur Fruchtbarkeit bei Milchrindern in Tirol. Dissertation, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig.
- BAUMGARTNER, W. (1977): Zur Aussagekraft klinisch-chemischer Laborbefunde in der Krankheitsdiagnostik beim Rind. Habilitation, Veterinärmedizinische Universität Wien.
- BAUMGARTNER, W., EDINGER, J., KOFLER, J., KÖLLE, P., SCHUH, M., SCHUSSER, G., SCHWENDENWEIN, I. (2014): Probennahme, Laboruntersuchungen und invasive diagnostische Maßnahmen. In: BAUMGARTNER, W. (Hrsg.) *Klinische Propädeutik der Haus- und Heimtiere*. Enke Verlag Stuttgart, 8., Aufl., 432–471.
- BERNHARDT, J., SCHULZ, J. (1992): Der diagnostische Wert der Harnstoffbestimmung in der Milch im Hinblick auf die Fruchtbarkeit beim Rind. *Tierärztl Umschau* **47**, 76–86.
- BOBE, G., YOUNG, J.W., BEITZ, D.C. (2004): Invited Review: Pathology, etiology, prevention and treatment of fatty liver in dairy cows. *J Dairy Sci* **87**, 3105–3124.
- BOTHMANN, J. (2015): Stoffwechselmonitoring in kleinen und mittelgroßen Milchrindbetrieben im Emsland. Dissertation, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig.
- BRADE, W., BRADE, E. (2013): Zuchtgeschichte der Deutschen Holsteinrinder. *Berichte über Landwirtschaft* **91**, 1–44.
- BUSATO, A., FAISSLE, D., KÜPFER, U., BLUM, J.W. (2002): Body condition scores in dairy cows: associations with metabolic and endocrine changes in healthy dairy cows. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med* **49**, 455–460.
- BYSTRON, S. (2012): Einfluss metabolischer Störungen im peripartalen Zeitraum auf die subklinische Klauenrehe beim Milchrind. Dissertation, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig.

- CAVESTANY, D., KULCSÁR, M., CRESPI, D., CHILLIARD, Y., LA MANNA, A., BALOGH, O., KERESZTES, M., DELAVAL, C., HUSZENICZA, G., MEIKLE, A. (2009): Effect of prepartum energetic supplementation on productive and reproductive characteristics, and metabolic and hormonal profiles in dairy cows under grazing conditions. *Reprod Domestic Anim* **44**, 663–671.
- DUFFIELD, T.F., LISSEMORE, K.D., MCBRIDE B.W., LESLIE, K.E. (2009): Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. *J Dairy Sci* **92**, 571–580.
- EDMONDSON, A.J., LEAN, I.J., WEAVER, L.D., FARVER, T., WEBSTER, G. (1998): A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J Dairy Sci* **72**, 68–78.
- FÜRL, M. (2013): Spezielle Untersuchungen beim Wiederkäuer. In: MORITZ, A. (Hrsg.): *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin*. 7. Aufl. Stuttgart: Schattauer; 726–777.
- FÜRL, M. (2016): Grundlagen und Entwicklung der Stoffwechselüberwachung bei Milchkühen. *Tierärztl Praxis G* **44**, 107–117.
- GOERIGK, D., STEINHÖFEL, I., FÜRL, M. (2011): Peripartaler „Revised Quantitative Insulin Sensitivity Check Index“ (RQUICKI) bei unterschiedlich aufgezogenen Färsen. *Wien Tierärztl Monat - Vet Med Austria* **98**, 76–81.
- GRALA, T.M., LUCY, M.C., PHYN, C.V., SHEAHAN, A.J., LEE, J.M., ROCHE, J.R. (2011): Somatotrophic axis and concentrate supplementation in grazing dairy cows of genetically diverse origin. *J Dairy Sci* 2011, **94**, 303–315.
- GRABER, M., KOHLER, S., MÜLLER, A., BURGER, K., KAUFMANN, T., BRUCKMAIER, R.M., VAN DORLAND, H.A. (2012): Identification of plasma and hepatic parameters related to metabolic robustness in dairy cows. *J Anim Physiol Anim Nutr* **96**, 75–84.
- GRAUGNARD, D.E., MOYES, K.M., TREVISI, E., KHAN, M.J., KEISLER, D., DRACKLEY, J.K., BERTONI, G., LOOR, J.J. (2013): Liver lipid content and inflammometabolic indices in periparturient dairy cows are altered in response to prepartal energy intake and postpartal intramammary inflammatory challenge. *J Dairy Sci* **96**, 918–35.
- GRUBER, L., URDL, M., OBRITZHAUSER, W., SCHAUER, A., HÄUSLER, J., STEINER, B. (2014): Influence of energy and nutrient supply pre and *post partum* on performance of

- multiparous Simmental, Brown Swiss and Holstein cows in early lactation. *Animal* **8**, 58–71.
- HÄDRICH, G. (2007): Untersuchungen zu der Entwicklung der Körperkondition, dem peripartalen Stoffwechsel und der Morbidität von Hochleistungskühen. Dissertation, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig.
- HAGMÜLLER, W. (2002): Untersuchungen an Braunviehrindern im oberösterreichischen Innviertel - Stoffwechselprofile der ersten 100 Laktationstage. Dissertation, Veterinärmedizinische Universität Wien.
- HAMMON, H.M., STURMER, G., SCHNEIDER, F., TUCHSCHERER, A., BLUM, H., ENGELHARD, T., GENZEL, A., STAUFENBIEL, R., KANITZ, W. (2009): Performance and metabolic and endocrine changes with emphasis on glucose metabolism in high-yielding dairy cows with high and low fat content in liver after calving. *J Dairy Sci* **92**, 1554–1566.
- IWERSEN, M., FALKENBERG, U., VOIGTSBERGER, R., FORDERUNG, D., HEUWIESER, W. (2009): Evaluation of an electronic cowside test to detect subclinical ketosis in dairy cows. *J Dairy Sci* **92**, 2618–2624.
- HOLTENIUS, P., HOLTENIUS, K. (2007): A model to estimate insulin sensitivity in dairy cows. *Acta Vet Scand* **49**, 29.
- HUSZENICZA, G.Y., JÁNOSI, S.Z., KULCSÁR, M., KÓRÓDI, P., REICZIGEL, J., KÁTAI, L., PETERS, A.R., DE RENSIS, F. (2005): Effects of clinical mastitis on ovarian function in postpartum dairy cows. *Reprod Dom Anim* **40**, 199–204.
- JIANG, H., GE, X. (2014): Meat science and muscle biology symposium - mechanism of growth hormone stimulation of skeletal muscle growth in cattle. *J Anim Sci* **92**, 21–29.
- JURTSCHITSCH, A. (2010): Biopioniere in Österreich. Böhlau Verlag Wien, Köln, Weimar, 101–106.
- KNAUS, W. (2009): Dairy cows trapped between performance demands and adaptability. *J Sci Food Agric* **89**, 1107–1114.
- KEOGH, K., WATERS, S.M., KELLY, A.K., WYLIE, A.R., KENNY, D.A. (2015): Effect of feed restriction and subsequent re-alimentation on hormones and genes of the somatotrophic axis in cattle. *Physiol Genomics* **47**, 264–273.

- KERESTES, M., FAIGL, V., KULCSÁR, M., BALOGH, O., FÖLDI, J., FEBEL, H., CHILLIARD, Y., HUSZENICZA, G. (2009): Periparturient insulin secretion and whole-body insulin responsiveness in dairy cows showing various forms of ketone pattern with or without puerperal metritis. *Domestic Anim Endocrinol* **37**, 250–261.
- KESSLER, E.C., GROSS J.J., BRUCKMAIER, R.M., ALBRECHT, C. (2014): Cholesterol metabolism, transport, and hepatic regulation in dairy cows during transition and early lactation. *J Dairy Sci* **302**, 5437–5448.
- KHAN, M.J., JACOMETO, C.B., GRAUGNARD, D.E., CORRÊA, M.N., SCHMITT, E., CARDOSO, F. et al. (2014): Overfeeding Dairy Cattle During Late-Pregnancy Alters Hepatic PPAR α -Regulated Pathways Including Hepatokines: Impact on Metabolism and Peripheral Insulin Sensitivity. *Gene Regul Syst Biol* **3**, 97–111.
- LUCY M. (2000): Regulation of ovarian follicular growth by somatotropin and insulin-like growth factors in cattle. *J Dairy Sci* **83**:1635-1647.
- LUTZ, H., HOFMANN-LEHMANN, R., RIOND, B. (2006): Labordiagnostik in der Tiermedizin. Vorlesungsskript für die Studierenden der Vetsuiss-Fakultät. **25**. Ausgabe.
- LYONS, N.A., COOKE, J.S., WILSON, S., VAN WINDEN, S.C., GORDON, P.J., WATHES, D.C. (2014): Relationships between metabolite and IGF1 concentrations with fertility and production outcomes following left abomasal displacement. *Vet Rec* **174**, 657.
- MORROW, D.A. (1976): Fat Cow Syndrome. *J Dairy Sci* **59**, 1625–1629.
- PETER, E., ROLAND, K., NEWBOLD, J., GAAL, T., LASZLO, W., FERENC, H. (2008): Relationship between blood parameters and lipid content of liver in dairy cows of high performance. *Magyar Allatorvosok Lapja* **130**, 323-327.
- OBESE, F.Y., RABIEE, A.R., MACMILLAN, K.L., EGAN, A.R., HUMPHRYS, S., ANDERSON, G.A. (2008): Variation in plasma concentrations of insulin-like growth factor-I in pasture-fed Holstein cows. *J Dairy Sci* **91**, 1814–1821.
- OETZEL, G.R. (2004): Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* **20**, 651–674.
- POTHMANN, H., TICHY, A., DRILLICH, M. (2014): Der Verlauf der Rückenfettdicke von Österreichischen Fleckviehkühen – Erstellung einer Referenzkurve. *Wien Tierärztl Monat - Vet Med Austria* **110**, 206–213.

- REICHERT, S., WICHERT, B., WANNER, M., LIESEGANG, A. (2015): Stoffwechseluntersuchungen bei Hochleistungskühen in Vollweidehaltung. *Schweiz Arch Tierheilk* **157**, 607–613.
- REIST, M., ERDIN, D., VON EUW, D., TSCHUEMPERLIN, K., LEUENBERGER, H., DELAVAUD, C., CHILLIARD, Y., HAMMON, H.M., KUENZI, N., BLUM, J.W. (2003): Concentrate feeding strategy in lactating dairy cows: metabolic and endocrine changes with emphasis on leptin. *J Dairy Sci* **86**, 1690–1706.
- RINDERZUCHT AUSTRIA (2015): ZuchtData Jahresbericht, https://www.zar.at/Zahlen---Fakten/Jahresberichte/ZuchtData_Jahresberichte.html, letzter Zugriff: 15.5.2016.
- SCHRÖDER, U., STAUFENBIEL, R. (2006): Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of back fat thickness. *J Dairy Sci* **89**, 1–14.
- SCHULZ, K., FRAHM, J., MEYER, U., KERSTEN, S., REICHE, D., REHAGE, J., DÄNICKE, S. (2014): Effects of prepartal body condition score and peripartal energy supply of dairy cows on postpartal lipolysis, energy balance and ketogenesis: an animal model to investigate subclinical ketosis. *J Dairy Res* **81**, 257–266.
- URDL, M., GRUBER, L., OBRITZHAUSER, W., SCHAUER, A. (2015): Metabolic parameters and their relationship to energy balance in multiparous Simmental, Brown Swiss and Holstein cows in the periparturient period as influenced by energy supply pre- and post-calving. *J Anim Physiol Anim Nutr* **99**, 174–189.
- VAN DORLAND, H.A., GRABER, M., KOHLER, S., STEINER, A., BRUCKMAIER, R.M. (2014): Comparison of hepatic adaptation in extreme metabolic phenotypes observed in early lactation dairy cows on-farm. *J Anim Physiol Anim Nutr* **98**, 693–703.
- VAN SAUN, R.J. (2010): Indicators of dairy cow transition risks: metabolic profiling revisited. *Proc 26th World Buiatrics Congress Nov 14–18 Santiago, Chile*, 65–77.26
- ZERBIN, I., LEHNER, S., DISTL, O. (2015): Genetics of bovine abomasal displacement. *Vet. J* **204**, 17–22.

Danksagung

An dieser Stelle sei allen herzlich gedankt, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben und auf deren Unterstützung ich jederzeit zählen konnte.

Besonders Frau **Prof. Dr. Annette Liesegang**, die meine Betreuung übernommen hat.

Herrn **Prof. Dr. habil. M. Füll** der nicht locker gelassen hat und mit vollem Engagement die Arbeit vorangetrieben hat.

Meinem Vater, **Dr. Ernst Göttler**, der unbedingt wollte dass ich überhaupt eine Dissertation in Angriff nehme, obwohl ich es nie für möglich gehalten hatte, dass ihm das wichtig ist.

Dem Labor des Veterinär-Physiologisch-Chemischen Institutes der Universität Leipzig, v.a. Frau **Prof. Dr. Almuth Einspanier** und Frau **Dr. rer. nat. Jutta Gottschalk**.

Dem Statistiker Herrn **Andreas Richter**.

Dem Tiroler Tiergesundheitsdienst, besonders Herrn **Dr. Christian Mader**, für die finanzielle Unterstützung.

Und zuletzt meinen Kindern **Antonia, Johannes und Magdalena** und meiner **Mama Marlies**, weil sie einfach super sind.

Curriculum Vitae tabellarisch

Vorname Name	Nina Rebekka Göttler
Geburtsdatum	26.07.1980
Geburtsort	Starnberg, Deutschland
Nationalität	deutsch, österreichisch (seit 2016)
Monat / Jahr – Monat / Jahr	Schulausbildung (Schulbezeichnung, Ort, Land) 09/1991-06/2000, Gymnasium, Gräfelfing, Deutschland
Datum 30.06.2000	Höchster Schulabschluss (Matura, Abitur etc, Schule, Ort, Land) Abitur, Kurt-Huber-Gymnasium, Gräfelfing, Deutschland
Monat / Jahr – Monat / Jahr 10/2000-03/2006	Studium (Fachgebiet, Universität, Ort, Land) Veterinärmedizin, LMU München, Deutschland
Datum 24/03/2006	Abschlussprüfung vet. Med. (Universität, Ort, Land) LMU, München, Deutschland
Mt./Jahr – Mt./Jahr 01/2015 – 09/2016	Anfertigung der Dissertation unter Leitung von Prof. Dr. Annette Liesegang am Department Institut für Tierernährung der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich Direktor Prof. Dr. Annette Liesegang
10/2006-03/2009	Praktischer Teil der Dissertation Unter Leitung von Prof. Dr. Manfred Füll Medizinische Tierklinik, Universität Leipzig
Mt./Jahr – Mt./Jahr 06/2006 – 07/2009	Alle fachrelevanten Anstellungen nach Abschluss des veterinärmedizinischen Studiums bis zum Einreichen der Dissertation in chronologischer Reihenfolge Position/Stellung, Institution, Ort, Land Praktische Tierärztin, Tierarztpraxis Dr. Franz Geisler, Mayrhofen, Österreich
04/2008 – 07/2009	Praktische Tierärztin, Tierarztpraxis Otto Herr, Neukirchen im Pinzgau, Österreich
08/2009 – jetzt	eigene Gemischtpraxis, Schwendau, Österreich